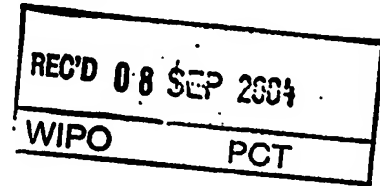


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP04/07715

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 32 426.7

Anmeldetag: 16. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: STEAG microParts GmbH, 44227 Dortmund/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung von mikrofluidischen Anordnungen aus einer plattenförmigen Verbundstruktur

IPC: B 81 C 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Juni 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

 Hintermeier

BEST AVAILABLE COPY

Verfahren zur Herstellung von mikrofluidischen Anordnungen aus einer plattenförmigen Verbundstruktur

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von mikrofluidischen Anordnungen, insbesondere Düsenanordnungen, aus einer plattenförmigen Verbundstruktur mit Rillenstrukturen mit Abmessungen im Mikrometerbereich. Ein solches Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 ist bekannt (DE 42 36 037 A1 = US 5,547,094 A1).

10 Düsenanordnungen der in Rede stehenden Art werden angewandt, um Flüssigkeiten zu sehr feinen Tröpfchen zu zerstäuben, indem man sie unter hohem Druck durch eine Düsenöffnung mit kleinem Querschnitt preßt. Derartige Düsenanordnungen finden unter anderem eine Anwendung für medizinische Bereiche, beispielsweise für Aerosole zu Inhalationszwecken. An Düsenanordnungen der in Rede stehenden Art werden hohe Anforderungen hinsichtlich
15 der Tröpfchengröße gestellt, da man beispielsweise bei Inhalationsanwendungen einen hinreichend großen Anteil der Tröpfchen unter 6 µm Durchmesser haben sollte, um eine ausreichende Lungengängigkeit zu erreichen.

20 Der bekannte Stand der Technik (DE 42 36 037 A1) befaßt sich ausschließlich mit blockartigen Düsenanordnungen für derartige Anwendungszwecke und mit Verfahren zur Herstellung solcher blockartiger Düsenanordnungen in gleichbleibend hoher Qualität und in großer Stückzahl. Bei dem bekannten Verfahren ist es überdies möglich, in die Düsenanordnung ein Filter zu integrieren ggf. sogar mehrstufige Filter.
25

Insgesamt wird der Offenbarungsgehalt der DE 42 36 037 A1 durch Bezugnahme zum Offenbarungsgehalt der vorliegenden Patentanmeldung gemacht. Alle dort dargestellten Verfahrensschritte eines entsprechenden Herstellungsverfahrens und alle dort dargestellten Materialspezifikationen, eingesetzte
30 Werkzeuge etc. sind auch im Rahmen des vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahrens einsetzbar.

Bei dem bekannten Verfahren, von dem die Erfindung ausgeht, geht es zunächst um die Herstellung einer plattenförmigen Verbundstruktur die zwei
35

miteinander flächig fest verbundene Platten mit an sich planaren Oberflächen aufweist. Ggf. können auch weitere Platten hinzutreten. Wesentlich ist, daß die Düsenanordnungen in der plattenförmigen Verbundstruktur dadurch geschaffen werden, daß in einer an sich planaren Oberfläche einer der Platten, die mit der an sich planaren Oberfläche der anderen Platte verbunden ist, eine Vielzahl von sich wiederholenden, jeweils einer Düsenanordnung entsprechenden Rillenstrukturen angeordnet sind. Ggf. können diese auch in beiden einander zugewandten Oberflächen der beiden hier relevanten Platten, die miteinander verbunden sind, angeordnet sein. Die Rillenstrukturen bilden letztlich die Strömungskanäle der Düsenanordnungen mit Abmessungen vorzugsweise im Mikrometerbereich.

Als besonders bevorzugte Kombination wird im Stand der Technik eine Verbindung aus einer Siliziumplatte und einer Glasplatte dargestellt, wobei andere Varianten ebenfalls erläutert werden.

Aus der plattenförmigen Verbundstruktur mit einer Vielzahl von Düsenanordnungen gewinnt man vereinzelte Düsenanordnungen dadurch, daß man die plattenartige Verbundstruktur entlang von zwischen jeweils zwei Rillenstrukturen verlaufenden Trennlinien durch mechanische Bearbeitung trennt. Die kleinflächigen, eher blockartigen Düsenanordnungen liegen dann vereinzelt vor. Das Trennen durch mechanische Bearbeitung erfolgt nach dem Stand der Technik insbesondere durch Sägen mit einer Kreissäge, vorzugsweise mit einer Diamantkreissäge, die mit hoher Drehzahl arbeitet. Als Alternative wird beispielsweise Ritzen und Brechen der größeren plattenförmigen Verbundstruktur genannt. Man kann auch beide Bearbeitungsschritte miteinander kombinieren, also z. B. in einem ersten Schritt sägen und später in einem zweiten Schritt brechen oder per Laserstrahl die Trennung beenden.

Um eine Vorstellung von der Größenordnung der Rillenstrukturen zu erhalten ist im Stand der Technik von Strukturhöhen zwischen 2 und 40 μm , bevorzugt zwischen 5 und 7 μm und von Querschnittsflächen der Düsen zwischen etwa 25 und etwa 500 μm^2 die Rede.

Hinsichtlich der Herstellung der Verbundstruktur wird insbesondere auf feldunterstütztes Bonden verwiesen, aber auch andere Verbindungstechniken bis hin zum Kleben, Ultraschallbonden etc. sind ebenfalls angesprochen.

5 Bei dem somit als bekannt vorauszusetzenden Verfahren zur Herstellung von
Düsenanordnungen aus einer plattenförmigen Verbundstruktur mit Rillen-
strukturen, die Abmessungen im Mikrometerbereich aufweisen, stellt sich das
Problem, daß die Rillenstrukturen bei der mechanischen Bearbeitung, insbe-
sondere durch Sägen, verunreinigt werden. Normalerweise wird man beim
10 mechanischen Bearbeiten mit einem flüssigen Kühlschmierstoff insbesondere
auf Wassergrundlage arbeiten. Durch diesen und die darin mitgeführten Späne
werden die Rillenstrukturen u. U. so verstopft, daß sie praktisch nicht mehr
gereinigt werden können. Eine hohe Ausschußrate ist die Folge. Dabei ist zu
berücksichtigen, daß man auf einer plattenförmigen Verbundstruktur zunächst
15 mehrere hundert einzelne Düsenanordnungen ausbildet, die dann mit einem
gitterförmigen Netz von Trennlinien vereinzelt werden. Eine Einzelherstel-
lung derartiger Düsenanordnungen ist daher völlig undenkbar.

Die zuvor aufgezeigte Problemstellung besteht nicht nur bei der Herstellung
20 einer Vielzahl von blockartigen, vereinzelt Düsenanordnungen aus einer
plattenförmigen Verbundstruktur, die Gegenstand des zuvor geschilderten
Standes der Technik ist, sondern auch bei der Herstellung einer Vielzahl von
mikrofluidischen Anordnungen mit entsprechenden Rillenstrukturen aus einer
plattenförmigen Verbundstruktur im allgemeinen. Dabei kann es sich auch um
25 Düsenanordnungen handeln, aber auch andere mikrofluidischen Anordnun-
gen, die keine unmittelbare Düsenfunktion haben, beispielsweise Filteranord-
nungen oder Verteilungsanordnungen sind mit im Blickfeld.

Bei allgemeinen mikrofluidischen Anordnungen gilt jedenfalls bevorzugt, daß
30 die plattenförmige Verbundstruktur entlang von jeweils zwischen den Rillen-
strukturen verlaufenden Linien, die nicht notwendig Trennlinien sind, derart
mechanisch bearbeitet wird, daß danach die mikrofluidischen Anordnungen in
der Verbundstruktur, einzeln oder gruppenweise separiert, jedoch nicht voll-
ständig getrennt vorliegen oder zwar einzeln separiert, jedoch gruppenweise
35 vollständig getrennt vorliegen.

Bei den zuvor erläuterten allgemeinen mikrofluidischen Anordnungen, insbesondere Düsenanordnungen, löst das zuvor aufgezeigte Problem das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 durch Anwendung der Merkmale des kennzeichnenden Teils von Anspruch 1.

Erfindungsgemäß werden die Rillenstrukturen vor der mechanischen Bearbeitung mit einem Füllmedium gefüllt, das erst danach aus den Rillenstrukturen wieder entfernt wird. Damit wird sicher vermieden, daß die Rillenstrukturen bei der mechanischen Bearbeitung durch Späne und/oder Kühlschmierstoff verunreinigt werden. Die Rillenstrukturen bleiben geschützt und werden erst am Schluß wieder freigelegt. Die Ausschußrate der mikrofluidischen Anordnungen ist somit gering, weil systematisch verhindert wird, daß Verunreinigungen die Rillenstrukturen überhaupt erreichen können.

Im einzelnen gibt es nun verschiedene Möglichkeiten das erfindungsgemäße Verfahren auszugestalten und weiterzubilden, wozu auf die Unteransprüche verwiesen werden darf.

Im übrigen wird die Erfindung und deren Ausgestaltungen und Weiterbildungen nachfolgend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

- Fig. 1 in perspektivischer Ansicht eine mikrofluidische Anordnung,
- Fig. 2 einen Schnitt durch eine mikrofluidische Anordnung, der die Verbundstruktur und die Lage der Rillenstruktur erkennen läßt,
- Fig. 3 in Draufsicht eine plattenförmige Verbundstruktur, ausschnittsweise, mit einer Mehrzahl von dort erkennbaren mikrofluidischen Anordnungen.

Fig. 1 zeigt zunächst eine ggf. gruppenweise vereinzelte Anordnung 1, hier eine Düsenanordnung, bestehend aus einem unteren plattenförmigen Teil 2 mit einem darauf angeordneten, ebenfalls plattenförmigen Teil 3, das mit dem unteren Teil 2 fest verbunden ist. Das untere Teil 2 besteht nach bevorzugter

Ausführung aus Silizium. Aus dem eingangs erläuterten Stand der Technik ergeben sich aber auch eine Reihe anderer Materialangaben. Das obere Teil 3 besteht nach bevorzugter Angabe aus Glas, auch insoweit gibt der Stand der Technik aber auch andere Alternativen an. Die in Fig. 1 dargestellte vereinzelte Düsenanordnung 1 hat beispielsweise Gesamtabmessungen von 2,0 mm x 2,5 mm x 1,5 mm. Die Herstellung einer solchen Düsenanordnung erfolgt in einem Reinraum passender Klassifizierung.

Die Schichtfolge der Anordnung 1, die man in Fig. 2 erkennt, entspricht der Schichtfolge der am Beginn dieses Herstellungsabschnittes stehenden plattenförmigen Verbundstruktur insgesamt (siehe Fig. 3). Die Verbundstruktur weist zwei miteinander flächig fest verbundene Platten auf, aus denen später die plattenförmigen Teile 2 und 3 der ggf. gruppenweise vereinzelter Anordnungen 1 entstehen. Die Platten haben an sich planare Oberflächen, wobei in einer an sich planaren Oberfläche mindestens einer der Platten, die mit der an sich planaren Oberfläche der anderen Platte verbunden ist, eine Vielzahl von sich wiederholenden Strömungskanäle bildenden Rillenstrukturen 4 angeordnet sind. Diese bilden jeweils eine Düse 5 im engeren Sinne aus (Fig. 1) bzw. korrespondieren mit dieser (Fig. 2). Fig. 3 zeigt die Rillenstrukturen 4 für die einzelnen Anordnungen 1, die in Fig. 3 noch insgesamt auf der plattenförmigen Verbundstruktur miteinander zusammengefaßt sind.

Für die Gestaltung der Düse 5 und der Rillenstrukturen 4 steht ein weites Spektrum von Möglichkeiten zur Verfügung, die zum Teil schon im bereits angesprochenen Stand der Technik aus der DE 42 36 037 A1 dargestellt sind. Dort sind auch entsprechende Herstellungsverfahren wie Fotolithographie und Ätztechniken dargestellt. Hinsichtlich der verwendeten Filterstrukturen darf auch auf die WO 99/16530 A1 hingewiesen werden, auch deren Offenbarungsgehalt wird zum Offenbarungsgehalt der vorliegenden Patentanmeldung gemacht.

Aus der plattenförmigen Verbundstruktur von Fig. 3 gewinnt man eine einzelne Anordnung 1 wie sie in einer perspektivischen Ansicht in Fig. 1 zu sehen ist, indem man die plattenartige Verbundstruktur entlang von zwischen jeweils zwei Rillenstrukturen 4 verlaufenden Linien 6, strichpunktiert dargestellt in Fig. 3, durch mechanische Bearbeitung so trennt, daß danach eben die block-

artigen Düsenanordnungen 1 vereinzelt vorliegen. Fig. 3 zeigt das Gitternetz einander rechtwinklig kreuzender Linien 6, die jeweils eine Anordnung 1 umschließen. Durch beispielsweise Sägen mit einer Diamantkreissäge hoher Drehzahl (häufig über 20.000 U/min) exakt entlang dieser Linien 6, genauer gesagt zwischen zwei solchen Linien 6, erfolgt die exakte Vereinzelung der Anordnung 1 und gleichzeitig Freilegung der jeweiligen Düse 5 bzw. des gegenüberliegenden Endes der Rillenstruktur 4 bzw. des Eintritts einer entsprechenden Filterstruktur.

Es liegt auf der Hand, daß die Linien 6 nicht körperlich vorhanden oder durch Markierungen ersichtlich sein müssen. Die Linien 6 sind nur gedankliche Hilfsmittel, die darstellen sollen, wo das Werkzeug, insbesondere die Säge, über die plattenförmige Verbundstruktur geführt wird. Das geschieht ggf. als solches mittels einer entsprechend aufwendigen Robotertechnik mit entsprechender Software.

Fig. 2 zeigt die im Blickfeld der vorliegenden Erfindung liegende Verbundstruktur in einem Schnitt. Diese dient der Herstellung einer Vielzahl von mikrofluidischen Anordnungen 1, die nicht notwendig Düsenanordnungen sein müssen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel findet man die zuvor erläuterte Düse 5 in Form eines sich in dem oberen Teil 3, der nach bevorzugter Lehre aus Glas besteht, senkrecht zur Hauptebene des oberen Teils 3 erstreckenden Düsenkanals 5', der am Inneren, dem unteren Teil 2 zugewandten Ende in der Rillenstruktur 4 der dortigen Oberfläche mündet. Diese Anordnung kann man also zu einer von außen gesehen ortogonalen Durchströmung der mikrofluidischen Anordnung 1 nutzen im Gegensatz zu einer lateralen Strömung im bisher erläuterten Beispiel.

Die Rillenstruktur 4 der mikrofluidischen Anordnung 1 beim Ausführungsbeispiel von Fig. 2 erschließt man dadurch, daß die plattenförmige Verbundstruktur entlang von jeweils zwischen den Rillenstrukturen 4 verlaufenden Linien 6 derart mechanisch bearbeitet wird, daß danach die mikrofluidischen Anordnungen 1 in der Verbundstruktur zwar einzeln oder gruppenweise separiert, jedoch nicht vollständig getrennt vorliegen bzw. zwar gruppenweise vollständig getrennt, innerhalb der Gruppe jedoch nur separiert vorliegen.

Im einzelnen zeigt Fig. 2 dabei, daß dazu mit der mechanischen Bearbeitung entlang der Linien 6 Nuten 6' (zwischen zwei Linien 6) in die Verbundstruktur eingebracht werden, die eine Platte, in Fig. 2 die untere Platte 2, nämlich die die Rillenstrukturen 4 aufweisende Platte 2, durchtrennen und die andere
5 Platte, im Ausführungsbeispiel die obere Platte 3, nicht durchtrennen, sondern dort nur einen bodenseitig geschlossenen Kanal bilden.

Die für die Lehre der Erfindung sich stellende Notwendigkeit des Schutzes der Rillenstrukturen 4 während der mechanischen Bearbeitung besteht unab-
10 hängig davon, wie und wo diese Rillenstrukturen 4 in der plattenförmigen Verbundstruktur ausgebildet sind.

Die nachfolgende Darstellung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens erläutert dieses anhand einer lateralen Anordnungsstruktur der Rillenstruktu-
15 ren 4 in der plattenförmigen Verbundstruktur. Für die in Fig. 2 dargestellte ortogonale Anordnungsstruktur ändert sich an sich am erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren nichts, man kann diese Überlegungen in entsprechender Weise darauf anwenden.

20 Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren betrifft einen Teilabschnitt des Gesamt-Herstellungsverfahrens für mikrofluidische Anordnungen 1 der in Rede stehenden Art. Es setzt an bei der bereits vorhandenen plattenförmigen Verbundstruktur mit einer Vielzahl von Anordnungen 1 und zeichnet sich zu-
nächst dadurch aus, daß die Rillenstrukturen 4 der plattenförmigen Verbund-
25 struktur so hergestellt werden, daß sie zumindest in einer Richtung über die Linien 6 hinweg miteinander von einem Rand zum gegenüberliegenden Rand der plattenförmigen Verbundstruktur durchgehend verbunden sind. Man er-
kennt das in Fig. 3, die einen Ausschnitt aus einer in der Praxis natürlich viel
größeren plattenförmigen Verbundstruktur zeigt. Im dargestellten Ausführ-
30 ungsbeispiel sind die Rillenstrukturen 4 in der Zeichnungsdarstellung von unten nach oben durchgehend miteinander verbunden. Zwischen dem Austritt der Düse 5 einer Rillenstruktur 4 und dem Eintritt der darüberliegenden Ril-
lenstruktur 4 befindet sich jeweils ein zwischen den Linien 6 liegender Quer-
kanal, der die darüberliegende Rillenstruktur 4 auf voller Breite mit der Düse
35 5 der darunterliegenden Rillenstruktur 4 verbindet.

Die Rillenstrukturen 4 der plattenförmigen Verbundstruktur werden nun erfindungsgemäß vor der mechanischen Bearbeitung mit einem Füllmedium gefüllt. Dieses Füllen mit einem Füllmedium gelingt unproblematisch deshalb, weil sich die zuvor erläuterte Verbindung der Rillenstrukturen 4 ergeben hat.

5 Das Füllmedium muß allerdings so ausgewählt werden, daß es weder durch die mechanische Bearbeitung an sich noch durch die bei der mechanischen Bearbeitung evtl. verwendeten Hilfsmittel aus den Rillenstrukturen 4 entfernt wird. Wie bereits im allgemeinen Teil der Beschreibung erläutert worden ist, werden so die Rillenstrukturen 4 gegen das Eintreten von Verunreinigungen
10 beim mechanischen Bearbeiten geschützt. Nach Abschluß der mechanischen Bearbeitung wird dann das Füllmedium aus den Rillenstrukturen 4 wieder entfernt. Diese stehen im Ausgangszustand und ohne Verunreinigungen für weitere Bearbeitungsschritte zur Verfügung.

15 Das Ergebnis der zuvor erläuterten Verfahrensschritte erkennt man in Fig. 2 mit den dort eingebrachten Nuten 6', die die zwischen ihnen liegende Rillenstruktur 4 von der Unterseite des unteren Teils 2 her erschließen und damit letztlich den Düsenkanal 5' im oberen Teil zugänglich machen. Man kann sich vorstellen, daß derartige mikrofluidische Anordnungen 1 beispielsweise als
20 Reihe für eine Mehrfachdüsenanordnung verwendet werden können, oder für umfangreichere mehrkanalige mikrofluidische Prozesse.

Es versteht sich, daß das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise in Reinraumtechnik ausgeführt wird, wobei eine passende Klasse der Reinraumbearbeitung zu wählen ist.
25

Für das erfindungsgemäße Verfahren kommt zunächst der Auswahl des Füllmediums erhebliche Bedeutung zu. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Abmessungen der Rillenstrukturen 4 im Mikrometerbereich besondere Fülltechniken erfordern. Kapillareffekte, Effekte von Oberflächenspannung und Viskosität haben hier ganz andere Auswirkungen als bei eher makroskopischen Abmessungen von größeren Düsenanordnungen. D. h., daß auch die aus makroskopischen Prozessen bekannte Wasser-Ausfrier-Technik hier nicht einschlägig ist.
30

Für das Füllmedium ist zunächst einmal bedeutsam, daß es sich nicht mit einem verwendeten Kühlschmierstoff mischt bzw. davon nicht gelöst wird. Zumindest sollten diese Einflüsse gering sein, um ein Herauslösen des Füllmediums aus den Rillenstrukturen 4 während der Bearbeitung zu vermeiden. Geht man beispielsweise von dem mechanischen Sägen als Verfahren aus, so wird man im Regelfall einen auf Wasserbasis hergestellten Kühlschmierstoff einsetzen. Dann sollte das Füllmedium nicht oder nur sehr schwer wasserlöslich sein.

Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß die Auswahl eines Füllmediums für die Rillenstrukturen 4 angesichts der Abmessungen im Mikrometerbereich zu einem Füllmedium führt, mit dem die Rillenstrukturen 4 zweckmäßigerweise in flüssiger Form gefüllt werden können. Nach besonders bevorzugter Ausführungsform ist es dann aber so, daß das Füllmedium während der mechanischen Bearbeitung in festem Aggregatzustand vorliegt. Dann ist sichergestellt, daß die Rillenstrukturen 4 gegenüber Verunreinigungen geschützt sind. Das Erreichen des festen Aggregatzustandes des Füllmediums kann durch Verdunsten eines evtl. genutzten leichtflüchtigen Lösungsmittels oder durch Ablaufen eines chemischen Prozesses erfolgen. Besonders zweckmäßig ist es jedoch, mit einer temperaturabhängigen Verfahrensweise zu arbeiten. Dann kann man vorsehen, daß das Füllmedium bei der während der mechanischen Bearbeitung vorliegenden Normaltemperatur in festem Aggregatzustand vorliegt, jedoch bei einer gegenüber der Normaltemperatur deutlich höheren Fülltemperatur in flüssiger Form in die Rillenstrukturen 4 gefüllt wird.

Es liegt auf der Hand, daß die Temperaturen, also sowohl die Normaltemperatur als auch die Fülltemperatur, stark vom Füllmedium abhängen. Natürlich spielen auch die Werkstoffe der miteinander flächig fest verbundenen Platten eine Rolle. Man kann aber sagen, daß im Regelfall anzunehmen ist, daß die Normaltemperatur zwischen etwa 2 °C und etwa 120 °C liegt und die Fülltemperatur zwischen etwa 5 °C und etwa 280 °C liegt.

Die zuvor mehr allgemein dargestellten Anforderungen an das Füllmedium werden beispielsweise erfüllt durch ein- und mehrwertige Alkohole, Polyalkohole, gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, Fettsäureester und Mischungen dieser Stoffe. Als besonders interessant haben sich erwiesen ein- oder

mehrwertige Alkohole mit 10 bis 30 C-Atomen, vorzugsweise von 12 bis 24 C-Atomen, insbesondere von 16 bis 20 C-Atomen. Diese Chemikalien liegen im Schmelzpunkt in einer interessanten Größenordnung, beispielsweise bei etwa 60 C° und haben auch einen passend liegenden Siedepunkt, beispielsweise von ca. 210 C°. Sie sind unlöslich in Wasser, jedoch löslich in Alkohol und Ether, daher für das erfindungsgemäße Verfahren recht gut geeignet. Welche Füllmedien man im einzelnen verwendet ist auch eine Frage der Verfügbarkeit der Chemikalie am Markt. Bei einem größeren Bereich zur Verfügung stehender Optionen wird man eine besonders kostengünstige, handelsüblich erhältliche Chemikalie wählen.

Für das Füllen der Rillenstrukturen 4 der plattenförmigen Verbundstruktur stellt sich das Problem der Abmessungen der Rillenstrukturen 4 im Mikrometerbereich. Hier muß man über besondere Fülltechniken nachdenken. Nach bevorzugter Lehre ist vorgesehen und hat sich in der Praxis als besonders zweckmäßig erwiesen, daß die Verbundstruktur vor dem Füllen der Rillenstrukturen 4 mit dem Füllmedium evakuiert wird und das Füllen unter Vakuum, insbesondere bei einem Restdruck von weniger als ca. 250 mbar, erfolgt. Damit wird das Auftreten von Gasnestern in den Rillenstrukturen 4 vermieden.

Weiter ist es zweckmäßig, daß nach dem Füllen der Rillenstrukturen 4 mit dem Füllmedium die plattenartige Verbundstruktur wieder unter Normaldruck gebracht wird und daß, vorzugsweise, ein Erstarren des zunächst flüssigen Füllmediums bei Normaldruck erfolgt.

In der Praxis wird man die plattenförmige Verbundstruktur insgesamt in ein Raumvolumen einbringen, das dann auf den gewünschten Restdruck evakuiert wird. Anschließend wird die plattenförmige Verbundstruktur insgesamt schräg im Raum angeordnet in ein Bad des flüssigen Füllmediums eingetaucht bis sie ganz mit dem flüssigen Füllmedium bedeckt ist. Dies geschieht in Richtung der durchgehenden Verbindung der Rillenstrukturen 4, so daß der Spiegel des Füllmediums innerhalb der Rillenstrukturen 4 von einem Rand ausgehend zum gegenüberliegenden Rand langsam ansteigt bis letztlich die gesamte plattenförmige Verbundstruktur, d. h. alle ihre darin befindlichen Rillenstrukturen 4, vollständig mit dem Füllmedium gefüllt sind.

Danach wird das Aufnahmevolumen wieder auf Normaldruck gebracht. Das bis dahin flüssige Füllmedium kann so unter eigener Oberflächenspannung in den Rillenstrukturen 4 verbleiben, wozu die plattenförmige Verbundstruktur insgesamt in die Horizontale gebracht wird. Nunmehr wird die Temperatur verringert, so daß das Füllmedium in den Rillenstrukturen 4 erstarrt.

Im Anschluß daran mit erstarrtem Füllmedium wird die plattenförmige Verbundstruktur durch Sägen mit einer Diamantkreissäge mit sehr hoher Drehzahl entlang der Linien 6 zerteilt oder gemäß Fig. 2 mit den Nuten 6' versehen. Anschließend erfolgt das Herauslösen des Füllmediums aus den Rillenstrukturen 4.

Ebenso wie es besonderer Überlegungen bedarf, wie man das vorzugsweise flüssige Füllmedium in die Rillenstrukturen 4 hineinbekommt, bevor dann der Trennvorgang abläuft, bedarf es besonderer Überlegungen, wie man das in den Rillenstrukturen 4 befindliche Füllmedium nach dem mechanischen Bearbeiten wieder herausbekommt. Dazu empfiehlt es sich, daß das Entfernen des Füllmediums aus den Rillenstrukturen 4 der vereinzelter Düsenanordnungen 1 unter Erhöhung der Temperatur des Füllmediums erfolgt. Dies kann bedeuten, daß das Füllmedium aus den Rillenstrukturen 4 durch Temperaturerhöhung verdampft wird. Das kann man dadurch erleichtern, daß man zusätzlich zur Temperaturerhöhung den Umgebungsdruck so niedrig macht, daß das Verdampfen schneller erfolgt. Als Alternative dazu hat es sich in der Praxis bewährt, daß das Entfernen des Füllmediums aus den Rillenstrukturen 4 der vereinzelter Düsenanordnungen 1 durch Lösen des Füllmediums in einem Lösungsmittel und ggf. Ausblasen des Füllmedium/Lösungsmittel-Gemisches erfolgt. Man kann auch beide Methoden miteinander verbinden.

Bei den weiter oben erläuterten, besonders zweckmäßig einzusetzenden Füllmedien empfiehlt sich als Lösungsmittel ein Alkohol oder ein Ether. In der Praxis ist es damit möglich, die Rillenstrukturen 4 tatsächlich vollständig von Rückständen des Füllmediums zu befreien und mikrofluidische Anordnungen mit sehr geringer Ausschußrate herzustellen.

Im zuvor erläuterten Zusammenhang empfiehlt es sich im übrigen zur Vermeidung von nachträglichen Verunreinigungen der Rillenstrukturen 4, das Füllmedium erst nach einem der mechanischen Bearbeitung, einschließlich des Trennens, folgenden Reinigen zu entfernen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von mikrofluidischen Anordnungen, insbesondere Düsenanordnungen, aus einer plattenförmigen Verbundstruktur,

wobei die Verbundstruktur zwei miteinander flächig fest verbundene Platten mit an sich planaren Oberflächen aufweist und in einer an sich planaren Oberfläche mindestens einer der Platten, die mit der an sich planaren Oberfläche der anderen Platte verbunden ist, eine Vielzahl von sich wiederholenden, Strömungskanäle bildenden Rillenstrukturen mit Abmessungen vorzugsweise im Mikrometerbereich angeordnet sind,

bei dem die plattenförmige Verbundstruktur entlang von jeweils zwischen den Rillenstrukturen verlaufenden Linien derart mechanisch bearbeitet wird, daß danach die mikrofluidischen Anordnungen in der Verbundstruktur, einzeln oder gruppenweise separiert, jedoch nicht vollständig getrennt, oder jedenfalls gruppenweise vollständig getrennt vorliegen,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Rillenstrukturen der plattenförmigen Verbundstruktur so hergestellt werden, daß sie zumindest in einer Richtung über die Linien hinweg miteinander von einem Rand zum gegenüberliegenden Rand der plattenförmigen Verbundstruktur durchgehend verbunden sind,

daß die Rillenstrukturen der plattenförmigen Verbundstruktur vor der mechanischen Bearbeitung mit einem Füllmedium gefüllt werden,

wobei das Füllmedium so ausgewählt wird, daß es weder durch die mechanische Bearbeitung an sich noch durch bei der mechanischen Bearbeitung verwendete Hilfsmittel aus den Rillenstrukturen entfernt wird, und

daß das Füllmedium nach der mechanischen Bearbeitung aus den Rillenstrukturen der mikrofluidischen Anordnungen entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Füllmedium verwendet wird, das sich mit einem zur mechanischen Bearbeitung verwendeten Kühlschmierstoff nicht mischt und/oder davon nicht gelöst wird, vorzugsweise ein Füllmedium verwendet wird, das nicht wasserlöslich ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rillenstrukturen mit einem in flüssiger Form vorliegenden Füllmedium gefüllt werden.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Füllmedium verwendet wird, das während der mechanischen Bearbeitung, insbesondere bei der während der mechanischen Bearbeitung vorliegenden Normaltemperatur, in festem Aggregatzustand vorliegt.
- 10 5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllmedium bei einer gegenüber der Normaltemperatur deutlich höheren Fülltemperatur in die Rillenstrukturen gefüllt wird.
- 15 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Normaltemperatur zwischen etwa 2 °C und etwa 120 °C liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Fülltemperatur zwischen etwa 5 °C und etwa 280 °C liegt.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Füllmedium Alkohole, ein- und mehrwertige Polyalkohole, Fettsäuren, gesättigte und ungesättigte, Fettsäureester oder eine Mischung dieser Stoffe verwendet werden.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbundstruktur vor dem Füllen der Rillenstrukturen mit dem Füllmedium evakuiert wird und das Füllen unter Vakuum, insbesondere bei einem Restdruck von weniger als ca. 250 mbar, erfolgt.
- 30 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Füllen der Rillenstrukturen mit dem Füllmedium die plattenartige Verbundstruktur wieder unter Normaldruck gebracht wird und daß, vorzugsweise, ein Erstarren des zunächst flüssigen Füllmediums bei Normaldruck erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen des Füllmediums aus den Rillenstrukturen unter Erhöhung der Temperatur des Füllmediums erfolgt.
- 5 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen des Füllmediums aus den Rillenstrukturen durch Lösen des Füllmediums in einem Lösungsmittel und ggf. Ausblasen des Füllmedium/Lösungsmittel-Gemisches erfolgt.
- 10 13. Verfahren nach Anspruch 12 und insbesondere nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Lösungsmittel ein Alkohol oder ein Ether verwendet wird.
- 15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllmedium erst nach einem der mechanischen Bearbeitung folgenden Reinigen der mikrofluidischen Anordnungen entfernt wird.
- 20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mit der mechanischen Bearbeitung entlang der Linien Nuten in die Verbundstruktur eingebracht werden, die eine Platte, insbesondere die die Rillenstrukturen aufweisende Platte, durchtrennen und die andere Platte nicht durchtrennen.

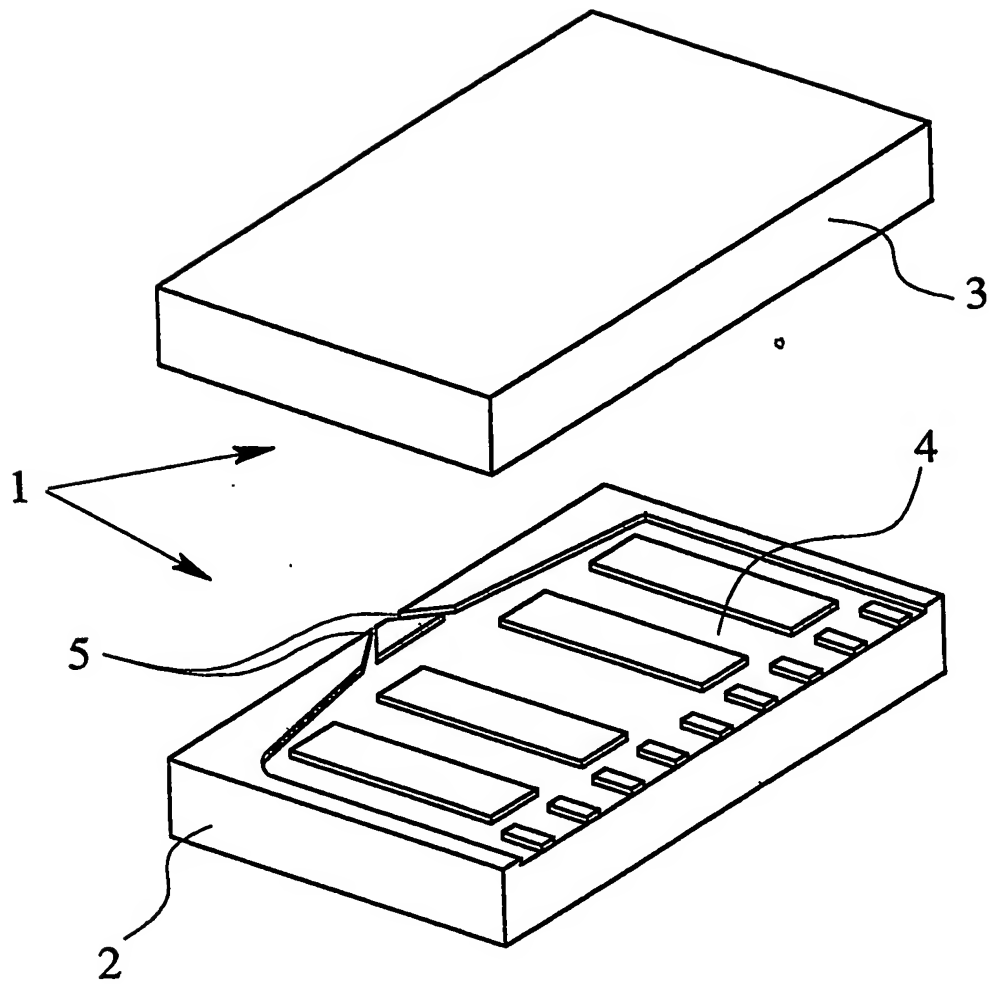


Fig. 1

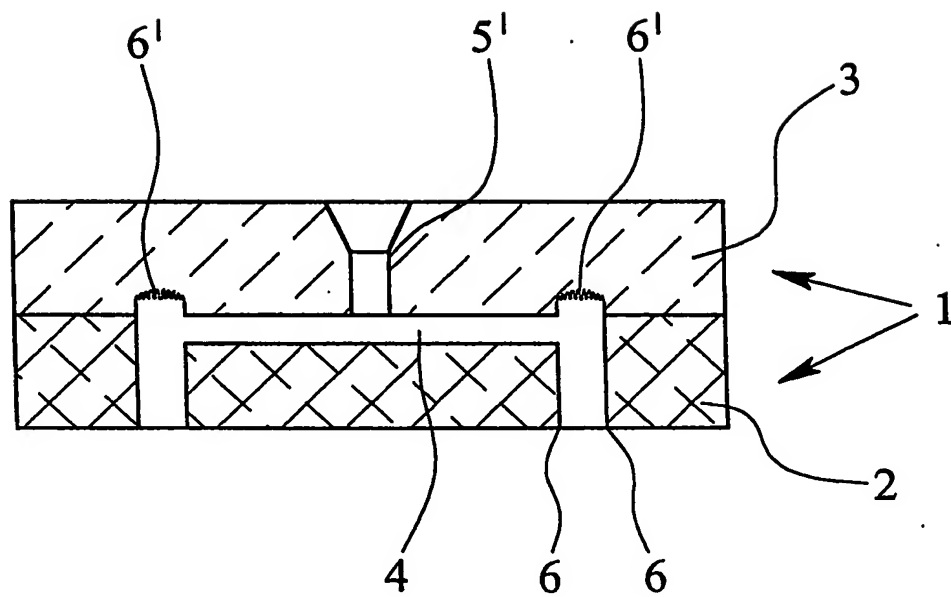


Fig. 2

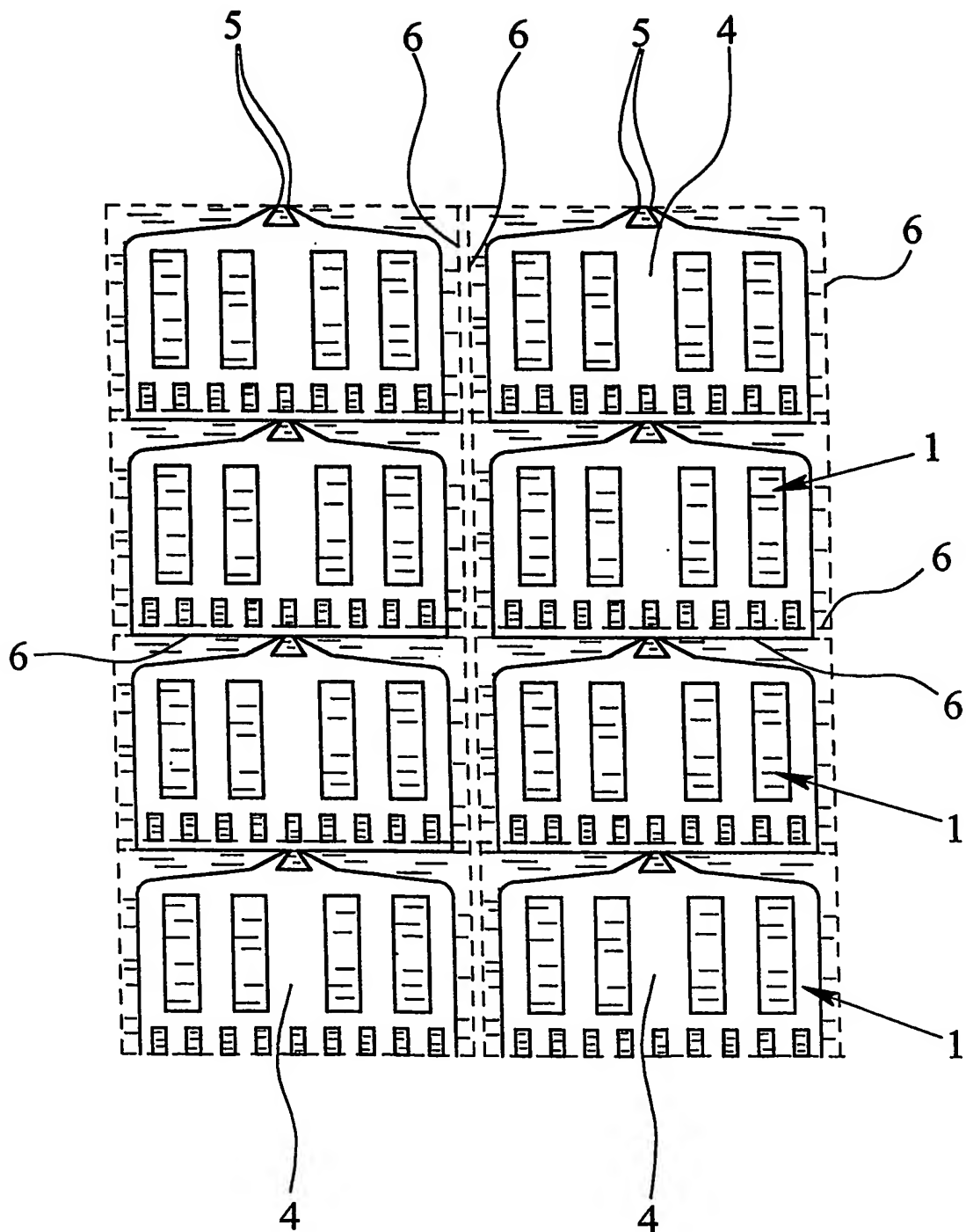


Fig. 3

Zusammenfassung:

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Vielzahl von mikrofluidischen Anordnungen aus einer plattenförmigen Verbundstruktur, wobei jede Anordnung eine Strömungskanäle bildende Rillenstruktur mit Abmessungen im Mikrometerbereich aufweist. Die Linien für eine evtl. spätere mechanische Trennung überbrückenden Rillenstrukturen sind miteinander verbunden und werden vor der mechanischen Bearbeitung mit einem Füllmedium gefüllt. Das Füllmedium wird so ausgewählt, daß es weder durch die mechanische Bearbeitung an sich noch durch bei der mechanischen Bearbeitung verwendetem Hilfsmittel aus den Rillenstrukturen entfernt wird. Nachher wird jedoch das Füllmedium durch passende Maßnahmen aus den Rillenstrukturen entfernt. Dadurch wird verhindert, daß die Rillenstrukturen durch mechanische Verunreinigungen blockiert werden können.

15

(Fig. 1)

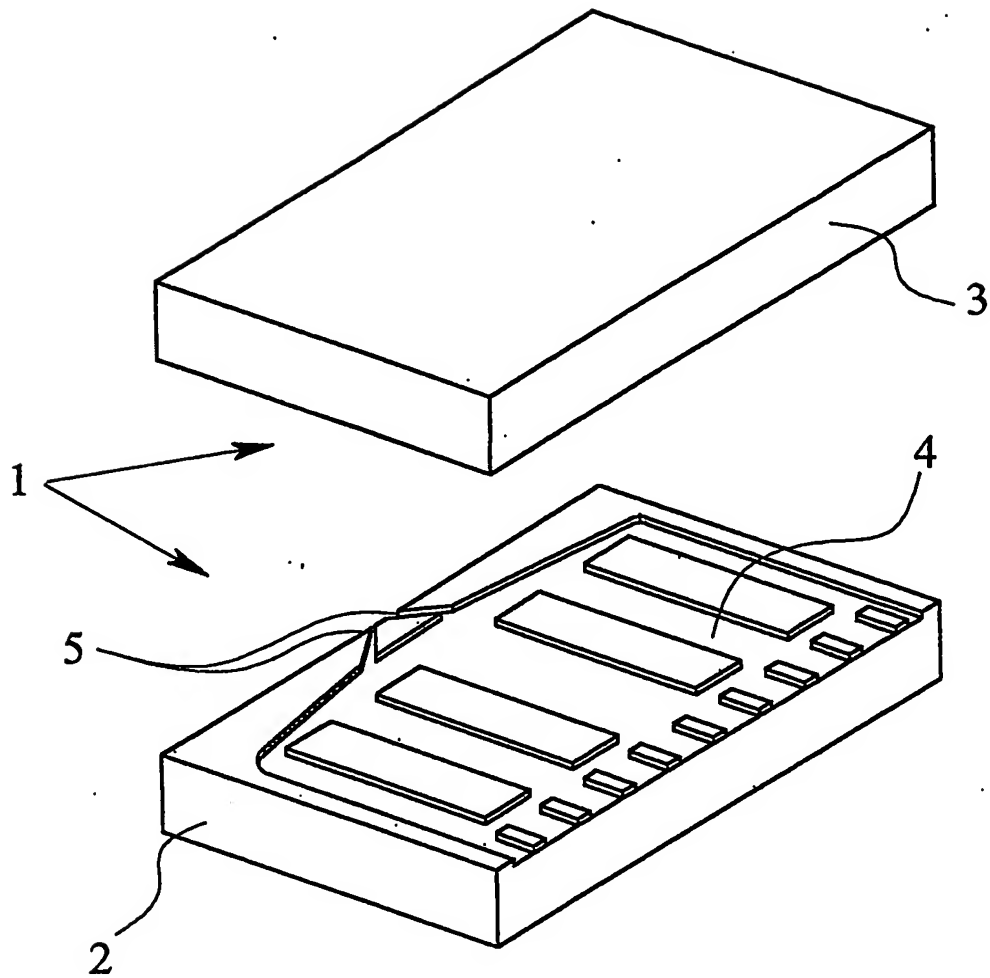


Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.